

Technical Paper

Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mekanisme Pengendali Otomatis Pedal Rem dan Tuas Transmisi Maju-Mundur pada Traktor Roda Empat

Design and Performance Test of Automatic Controlled Mechanism of Brake and Forward-Backward Transmission of Four Wheeled Tractor

I Dewa Made Subrata, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, FATETA-IPB, Po Box 220, Kampus IPB Darmaga – Bogor. Email: dewamadesubrata@yahoo.com
Radite Praeko Agus Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, FATETA-IPB, Po Box 220, Kampus IPB Darmaga – Bogor. Email: iwan_radit@yahoo.com
Setya Permana, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, FATETA-IPB, Po Box 220, Kampus IPB Darmaga – Bogor
Muhammad Sigit Gunawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, FATETA-IPB, Po Box 220, Kampus IPB Darmaga – Bogor
Andreas, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, FATETA-IPB, Po Box 220, Kampus IPB Darmaga – Bogor

Abstract

Most of the four wheeled tractors were operated manually for many agricultural applications. Therefore the operator's fatigue during operating tractor can't be avoided. To decrease operator's fatigue it was necessary to operate tractor automatically for forward and backward motion. This research focus on the automatic backward motion and decrease turning radius by modify the brake pedal and forward-backward transmission mechanisms, which were controlled using DC motor with H-bridge actuator. Functional test was done by lifting up the tractor so that it was not move sideways while the tires were rotated. Performance test was done on the field to know the ability of the tractor to move forward and backward automatically and to know the turning radius when the left or right brake pedal was pushed down automatically. Experimental result showed that the time required to push the brake was about 0.47 s for left brake and 0.61 s for right brake. Field test result showed that the tractor was able to control automatically for forward motion with average speed of 0.62 m/s, backward motion with average speed of 0.63 m/s, to turn left with average turning radius of 2.2 m, and turn right with average turning radius of 2.4 m.

Keyword: automation, forward-backward transmission, brake pedal.

Abstrak

Sampai saat ini sebagian besar traktor roda empat masih dioperasikan secara manual untuk penerapan di bidang pertanian. Dengan demikian kelelahan operator dalam mengoperasikan traktor tersebut tidak dapat dihindari. Untuk menurunkan tingkat kelelahan operator maka perlu diupayakan mengoperasikan traktor secara otomatis untuk gerakan maju maupun mundur. Otomatisasi gerakan maju telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini lebih difokuskan pada otomatisasi gerakan mundur dan memperkecil radius belok dengan memodifikasi mekanisme pengendali rem dan mekanisme pengendali transmisi maju-mundur. Kedua mekanisme tersebut dikendalikan menggunakan motor DC dengan aktuator *H-bridge*. Uji fungsional dilakukan di laboratorium dengan cara mengangkat traktor sehingga roda tidak menapak dan traktor tidak bergerak meskipun rodanya berputar. Pengujian kinerja mekanisme juga dilakukan di atas lahan kering untuk mengetahui kemampuan bergerak maju dan mundur secara otomatis dan berputar balik melalui penekanan pedal rem secara otomatis. Hasil pengujian fungsional menunjukkan mekanisme bekerja dengan baik dengan waktu penekanan rem 0.47 s untuk rem kiri dan 0.61 s untuk rem kanan. Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa traktor dapat dikendalikan secara otomatis untuk bergerak maju dengan kecepatan rata-rata 0.62 m/s, bergerak mundur dengan kecepatan rata-rata 0.63 m/s, berputar dengan jari-jari 2.2 m untuk rem kiri dan 2.4 m untuk rem kanan.

Kata Kunci: otomatisasi, transmisi maju-mundur, pedal rem.

Diterima: 11 Maret 2013; Disetujui: 18 Juni 2013

Pendahuluan

Di Negara berkembang seperti Indonesia, penggunaan traktor roda empat terbatas pada pekerjaan pertanian lahan kering sedangkan untuk lahan basah umumnya dikerjakan menggunakan traktor roda dua. Sebagian besar traktor roda empat dioperasikan secara manual sehingga kelelahan operator dalam mengoperasikan traktor tersebut tidak dapat dihindari. Kelelahan akan menurunkan kemampuan dari operator dalam mengoperasikan traktor yang akan berakibat pada penurunan kapasitas lapangan traktor. Untuk menurunkan resiko kelelahan operator, maka perlu diupayakan untuk mengoperasikan traktor secara otomatis. Supaya traktor bisa dioperasikan secara otomatis, maka perlu dilakukan modifikasi pada beberapa mekanisme pengendali di antaranya: roda kemudi, pedal kopling, pedal rem, tuas akselerasi, tuas implement, dan tuas transmisi maju-mundur. Rancang bangun sistem kendali otomatis untuk roda kemudi, pedal kopling dan tuas akselerator telah dilakukan oleh Desrial *et al.* (2010), dan Desrial *et al.* (2011). Rancang bangun sistem kendali otomatis untuk pedal rem dan tuas implemen telah dilakukan oleh Subrata *et al.* (2012). Hasil pengujian dari mekanisme tersebut masih menyisakan permasalahan di antaranya: *radius* belok traktor cukup besar karena mekanisme pengendali pedal rem masih menyatu antara rem kanan dan rem kiri sehingga tidak bisa dioperasikan untuk memperkecil *radius* belok. Selain itu traktor tidak bisa mengatur posisi *start* setelah berbelok sehingga posisi *start* tersebut tidak dimulai dari ujung lintasan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu ditambahkan mekanisme pengendali otomatis untuk pedal rem kiri, rem kanan, dan tuas transmisi maju-mundur. Mekanisme pengendali rem kiri dan kanan yang dapat dioperasikan secara terpisah akan memperkecil *radius* belok sedangkan mekanisme transmisi maju-mundur akan memungkinkan traktor bergerak mundur secara otomatis pada saat mendeteksi penghalang maupun untuk mengatur posisi *start* pengoperasian implemen.

Tujuan dari penelitian ini adalah: merancang bangun dan menguji kinerja dari mekanisme pengendali pedal rem kiri, rem kanan dan tuas transmisi maju-mundur pada traktor roda empat.

Bahan dan Metoda

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari besi pipa untuk perpanjangan pedal rem, besi pelat untuk transmisi maju-mundur, motor DC 12 V 30 W untuk tenaga penggerak, *H-Bridge* jenis EMS 30A sebagai *driver* motor DC, mikrokontroler ATmega 128 sebagai unit pengendali. Alat yang dipergunakan terdiri dari: komputer notebook,

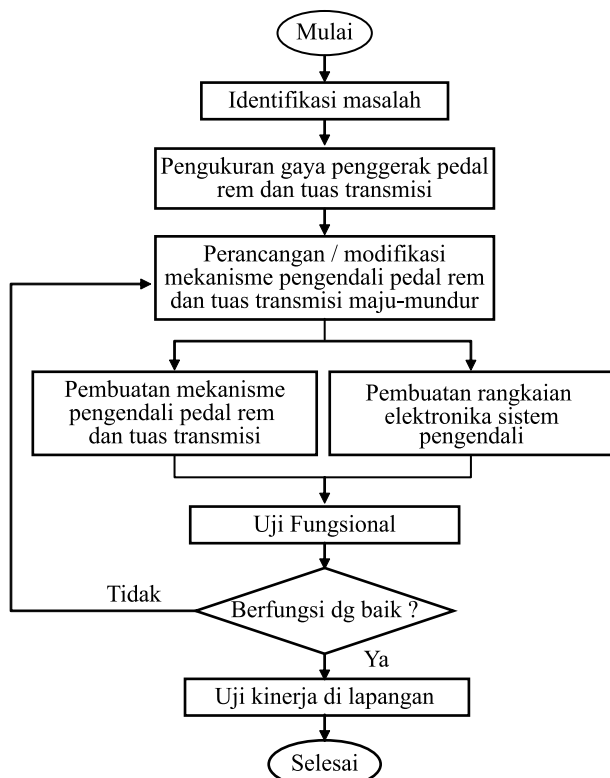
multitester, timbangan pegas untuk mengukur kebutuhan gaya penarik mekanisme yang akan dirancang dan traktor roda empat merek Yanmar EF453T.

Perancangan Mekanisme

Penelitian dilakukan sesuai dengan tahapan pada Gambar 1. Beberapa permasalahan yang dijumpai pada penelitian terdahulu adalah *radius* belok traktor cukup besar sehingga sulit untuk berpindah ke lintasan terdekat. Traktor sulit mengatur posisi *start* setelah berbalik arah sehingga posisi awal pengerjaan tidak dimulai dari ujung lintasan. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu dikembangkan mekanisme pengendali otomatis untuk pedal rem kiri, rem kanan dan tuas transmisi maju-mundur.

Mekanisme pengendali pedal rem dan tuas transmisi maju-mundur dirancang dengan mempertimbangkan kemungkinan untuk tetap dapat dioperasikan secara manual. Mekanisme pengendali pedal rem dirancang berupa tuas yang ditarik kawat sling seperti pada Gambar 2. Adapun mekanisme pengendali tuas transmisi maju-mundur dirancang berupa mekanisme empat batang hubung seperti pada Gambar 3. Mekanisme tersebut dipasang di bawah tempat duduk operator untuk memudahkan pemasangan motor DC.

Mekanisme pengendali transmisi terdiri dari poros utama dan poros penggerak. Poros utama diputar dengan torsi T3 sedangkan poros penggerak (poros motor DC) diputar dengan torsi T1. Poros utama dihubungkan dengan tuas transmisi yang pada



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

awalnya memiliki panjang 5 cm diubah menjadi 27 cm (R_3). Ukuran tersebut merupakan perpanjangan maksimum sesuai ruang yang tersedia. Sudut putar α_3 yang mungkin berdasarkan ruang yang tersedia adalah 30° . Waktu yang direncanakan untuk menggerakkan poros transmisi dari posisi maju ke posisi mundur atau sebaliknya adalah 0.3 s. Poros motor dihubungkan dengan tuas sepanjang 13.5 cm sehingga membentuk sudut α_1 sebesar 60° . Dengan demikian kecepatan putar motor yang diperlukan adalah 33 rpm.

Berdasarkan hasil pengukuran gaya pada lengan awal (panjang 5 cm), didapat nilai gaya yang diperlukan untuk menggerakkan tuas transmisi dari posisi netral ke posisi maju adalah 14 kgf atau setara dengan 137.2 N, sehingga untuk menggerakkan mekanisme ini dibutuhkan torsi motor DC sebesar 3.43 Nm, dengan rincian:

$$T_3 = F_{\text{awal}} \times R_{\text{awal}}$$

$$T_3 = 0.05 \times 137.2 = 6.86 \text{ Nm}$$

$$T_3 = R_3 \times F \rightarrow F = \frac{6.86 \text{ Nm}}{0.27 \text{ m}} = 25 \text{ N}$$

$$T_1 = F \times R_1 = 25 \text{ N} \times 0.13 \text{ m} = 3.43 \text{ Nm}$$

Jika diasumsikan efisiensi motor adalah 70 %, maka daya motor yang digunakan adalah sebesar:

$$P = \frac{T\omega}{\text{Efisiensi}} = \frac{3.43 \times 2\pi \times 33}{60 \times 0.7} = 17 \text{ Watt}$$

Nilai *safety factor* yang digunakan adalah 2 sehingga besarnya daya motor yang dibutuhkan sebesar:

$$P = P \times sf = 17 \times 2 = 34 \text{ Watt}$$

Uji Fungsional

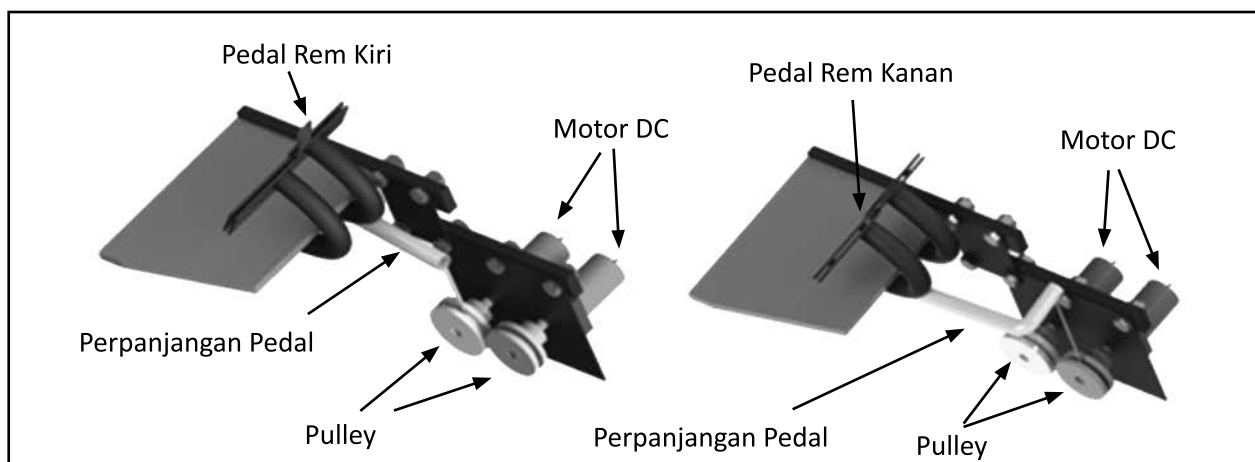
Setelah *prototype* mekanisme pengendali pedal rem dan tuas transmisi maju-mundur selesai dibuat kemudian dilakukan pengujian fungsional untuk mengetahui apakah kedua mekanisme tersebut sudah berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan perancangan. Waktu yang dibutuhkan oleh sistem otomatis untuk menekan pedal rem dan menggerakkan tuas transmisi maju-mundur diukur dengan *stop watch* yang memiliki ketelitian 0.01 s. Uji fungsional ini dilakukan di laboratorium dengan cara mengangkat traktor sehingga traktor tidak berpindah tempat meskipun rodanya berputar. Supaya pemindahan gigi transmisi maju-mundur berlangsung dengan aman, maka baik pada mekanisme pengendali kopling maupun pada mekanisme pengendali transmisi dipasang sensor *limit switch*. Mekanisme pengendali transmisi baru akan digerakkan jika tuas kopling sudah benar-benar tertekan penuh demikian juga tuas kopling baru akan dinaikkan jika tuas transmisi sudah pada posisi yang tepat.

Uji Fungsional Mekanisme yang Telah Dikembangkan Sebelumnya

Mekanisme pengendali yang telah dikembangkan sebelumnya (Desrial et al., 2010) sangat diperlukan supaya traktor dapat dikendalikan secara otomatis di atas lahan kering. Oleh karena itu perlu dipastikan mekanisme yang telah dikembangkan tersebut (pengendali roda kemudi, tuas kopling, dan pedal akselerasi) masih berfungsi dengan baik. Jika tidak berfungsi dengan baik maka dilakukan modifikasi, kemudian dikalibrasi.

Pengujian Lapangan

Uji lapangan dilakukan untuk mengetahui apakah mekanisme pengendali yang baru dirancang dapat bekerja dengan baik atau tidak. Mekanisme pengendali transmisi maju-mundur diuji dengan menggerakkan traktor ke arah maju selama waktu tertentu kemudian transmisinya dipindah secara otomatis untuk pergerakan mundur kemudian traktor



Gambar 2. Mekanisme pengendali pedal rem kiri dan kanan

dibiarkan bergerak mundur selama waktu tertentu. Mekanisme pengendali pedal rem diuji dengan cara menekan secara otomatis pedal rem kiri atau kanan sambil traktor digerakkan maju kemudian diukur *radius* putar yang dihasilkan. *Radius* putar tersebut dibandingkan dengan *radius* putar pengoperasian manual untuk mengetahui apakah mekanisme pengereman berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian *radius* putar traktor dilakukan sebanyak 10 kali ulangan.

Hasil dan Pembahasan

Rancangan mekanisme pengendali pedal rem dan tuas transmisi maju-mundur telah dibuat dalam bentuk *prototype* seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5.

Mekanisme pengendali pedal rem yang sebelumnya digunakan untuk mengendalikan rem secara kesatuan dimodifikasi untuk mengendalikan rem kanan sedangkan untuk rem kiri dibuatkan mekanisme yang baru sehingga kedua rem bisa dikendalikan secara terpisah.

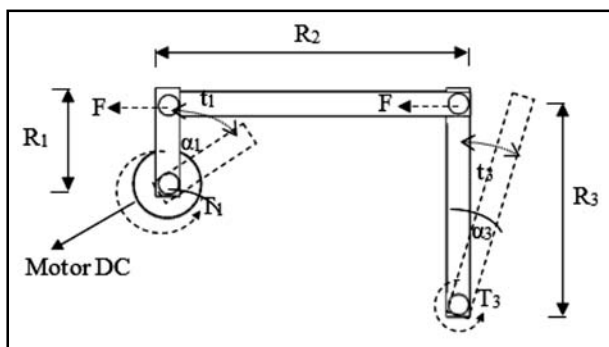
Mekanisme penggerak pedal rem dan transmisi maju-mundur dikendalikan menggunakan rangkaian elektronika yang terdiri dari: mikrokontroler ATmega128, dan *driver* motor DC jenis *H-bridge* EMS30A seperti terlihat pada Gambar 6.

Hasil pengujian berupa waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan pedal rem dan tuas transmisi disajikan pada Tabel 1.

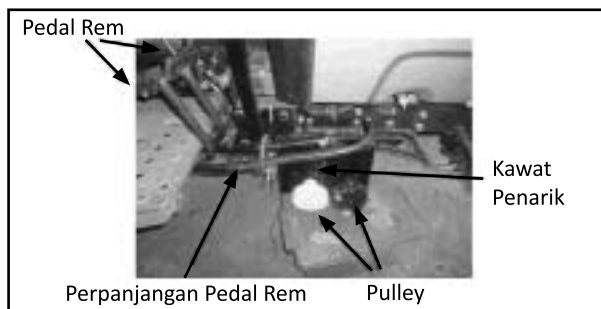
Hasil uji fungsional menunjukkan bahwa kedua mekanisme berfungsi dengan baik untuk menggerakkan pedal rem dan tuas transmisi maju-mundur.

Sebelum dilakukan pengujian lapangan, maka perlu dicek mekanisme yang telah dikembangkan sebelumnya yaitu roda kemudi, pedal kopling, dan tuas akselerasi. Hasil pengecekan mendapatkan bahwa mekanisme tersebut kurang berfungsi dengan baik, terkadang berfungsi terkadang tidak berfungsi. Oleh karena itu dilakukan modifikasi pada rangkaian *limit switch* seperti pada Gambar 7.

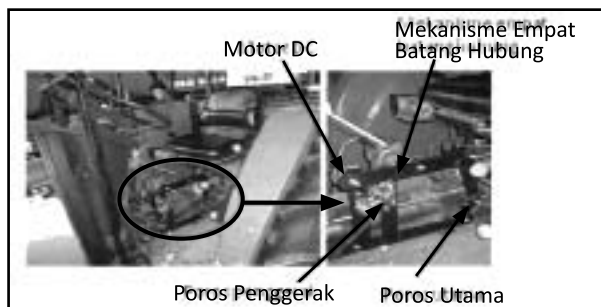
Limit switch pada rangkaian awal ternyata saling mempengaruhi satu sama lain sehingga tegangan motor penggerak mekanisme menjadi rendah dan motor tidak bergerak. Namun pada rangkaian hasil modifikasi tidak saling mempengaruhi dan terjadi



Gambar 3. Mekanisme pengendali tuas transmisi maju-mundur



Gambar 4. Mekanisme pengendali pedal rem



Gambar 5. Mekanisme pengendali transmisi maju-mundur



Gambar 6. Rangkaian elektronika pengendali pedal rem dan tuas transmisi

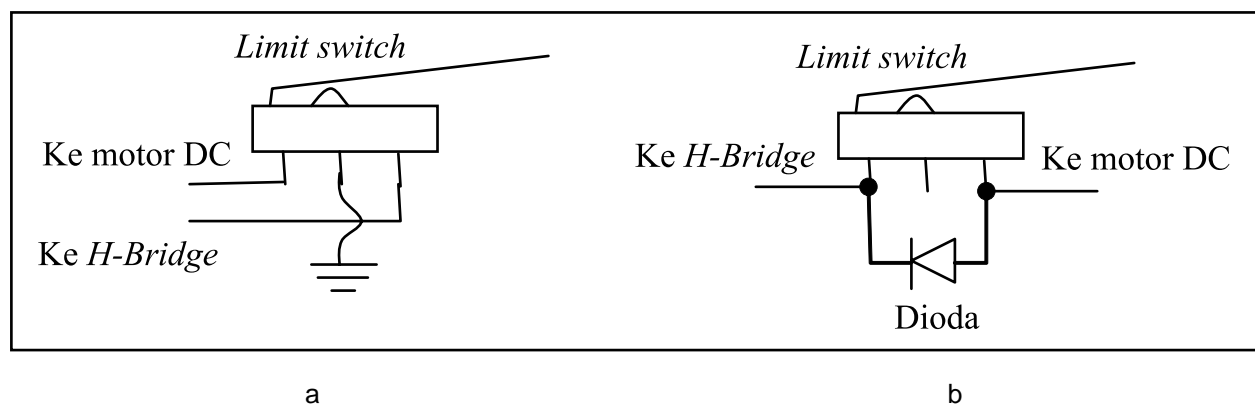
Tabel 1. Waktu yang diperlukan untuk menggerakkan pedal rem dan tuas transmisi

Mekanisme pengendali	Arah pergerakan	Lama pergerakan (s)	Kecepatan pergerakan (cm/s)
Rem kiri	Penekanan rem	0.47	25.5
Rem kiri	Melepas rem	0.38	31.1
Rem kanan	Penekanan rem	0.61	32.7
Rem kanan	Melepas rem	0.40	50.0
Transmisi	Netral ke mundur	0.23	6.5
Transmisi	Netral ke maju	0.18	9.3
Transmisi	Maju ke mundur	0.41	6.8

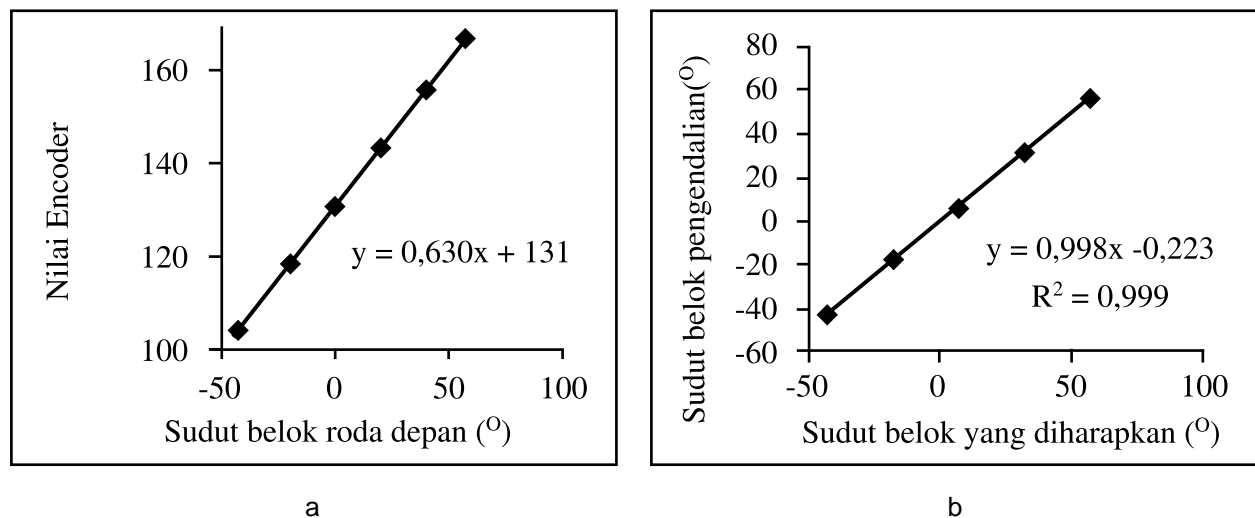
penghentian aliran arus listrik hanya pada saat tuas *limit switch* ditekan. Dengan demikian motor akan berhenti hanya jika *limit switch* ditekan. Arus listrik akan mengalir lagi jika polaritas catu daya DC dibalik oleh rangkaian *H-bridge*. Modifikasi lain adalah pada catu daya motor DC penggerak kopling yang sebelumnya menggunakan dua buah *accu* 12 V diganti dengan rangkaian *converter* 12 V ke 24 V dengan kapasitas arus 15 A (Gambar 6). Penggunaan dua buah *accu* memiliki kelemahan karena hanya satu *accu* yang diisi muatan (*charge*) oleh traktor saat beroperasi sedangkan *accu* yang

lain tidak di-*charge* sehingga tidak sampai bertahan satu jam jika mekanisme kopling digerakkan secara intensif. Pada penelitian ini juga dilakukan penggantian sensor sudut belok roda depan yang awalnya memiliki resolusi 360° per putaran menjadi 1024° per putaran. Penggantian dilakukan karena sensor sudut tersebut rusak. Setelah diganti, kemudian dilakukan kalibrasi ulang seperti pada Gambar 8.

Roda kemudi dipergunakan untuk menggerakkan roda depan traktor dimana sudut belok yang dihasilkan diukur menggunakan *absolute rotary*



Gambar 7. Modifikasi rangkaian limit switch: (a) sebelum modifikasi, (b) modifikasi.



Gambar 8. Grafik kalibrasi dan validasi mekanisme pengendali roda kemudi: (a) kalibrasi, (b) validasi

Tabel 2. Hasil uji radius putar dengan penekanan rem kanan atau rem kiri

Mekanisme uji	Status operasi	Rata-rata radius putar (m)
Rem kiri	Diinjak secara manual	1.8
Rem kiri	Ditekan secara otomatis	2.2
Rem kanan	Diinjak secara manual	1.8
Rem kanan	Ditekan secara otomatis	2.4

Tabel 3. Hasil pengujian gerakan maju dan mundur

Arah pergerakan	Lama pergerakan yang diset dalam program (s)	Rata-rata panjang lintasan hasil pengukuran (m)
Maju	5	3.1
Mundur	5	3.15

encoder. Nilai sudut belok maksimum ke kiri adalah 57° dengan nilai *encoder* adalah 167, sedangkan nilai sudut belok maksimum ke kanan adalah 42° dengan nilai *encoder* adalah 104. Nilai *encoder* untuk sudut belok 0° adalah 131. Berdasarkan hasil kalibrasi sudut belok roda depan didapatkan persamaan hubungan antara sudut belok roda depan (Y) dengan nilai pembacaan *encoder* (X) adalah: $Y = 0.630 X + 131$. Selanjutnya persamaan tersebut dipergunakan untuk pengendalian sudut belok roda depan traktor.

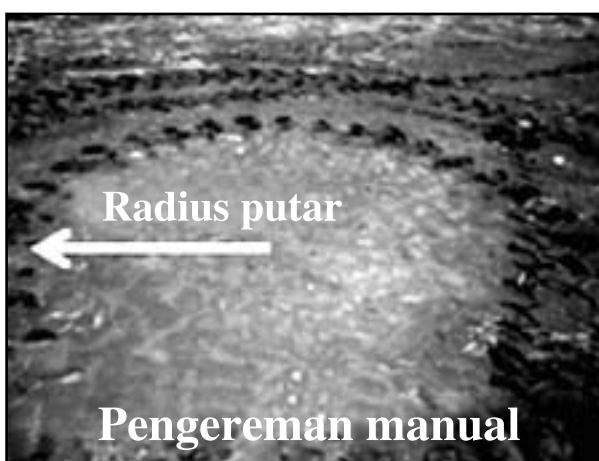
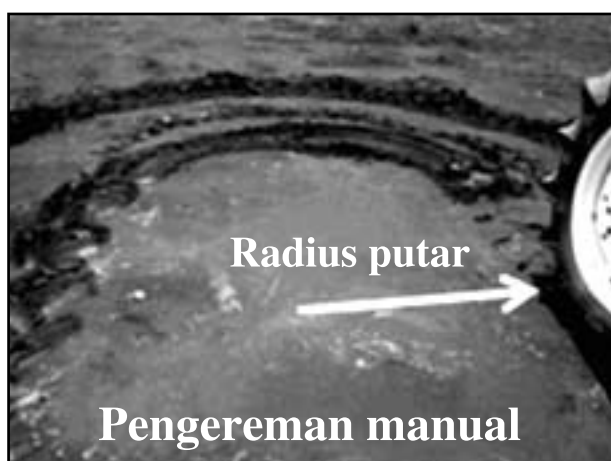
Hasil Uji Lapangan

Dalam pengujian lapangan, pada saat traktor berputar, kecepatan mesin diturunkan sampai 1000 rpm, sedangkan roda kemudi diputar ke kanan sampai nilai *encoder* 104 atau diputar ke arah kiri sampai nilai *encoder* 167. Hasil uji lapangan diperlihatkan pada Gambar 9 dan Tabel 2.

Dari hasil pengujian terlihat bahwa pada saat rem dikendalikan secara otomatis maka radius putar yang dihasilkan lebih besar dari radius putar saat rem diinjak secara manual baik putaran arah kiri maupun arah kanan. Ini berarti bahwa penekanan rem secara otomatis belum mampu mengerem

roda traktor secara penuh yang disebabkan oleh *clearance gear* reduksi yang terpasang pada motor DC. Pada saat tuas menekan *limit switch* maka aliran arus ke motor terhenti sehingga motor berhenti berputar dan tuas rem menarik *pulley* sedikit ke atas. Nagasaka *et al.* (2004) menggunakan *electrical linear cylinder* untuk menggerakkan pedal rem maupun transmisi maju-mundur. Mekanisme tersebut mampu melakukan pengereman dengan baik sehingga *radius* putarnya menjadi kecil seperti halnya *radius* putar dengan pengereman manual. Dalam penelitian ini tidak digunakan *electrical linear cylinder* karena perangkat tersebut lebih rumit dan mahal dibandingkan dengan motor listrik DC. Untuk memperkecil *radius* belok, maka motor DC yang dipergunakan untuk menggerakkan mekanisme pengendali pedal rem perlu dilengkapi dengan *gear* cacing atau mekanisme *pulley-kawat sling* diganti dengan mekanisme ulir (baut-mur) sehingga tidak tertarik ke atas saat mekanisme menekan *limit switch*.

Pengujian lapangan juga dilakukan terhadap mekanisme pengendali tuas transmisi maju-mundur. Traktor digerakkan maju kemudian mundur dengan putaran mesin 2000 rpm atau kecepatan maju 0.6



Gambar 9. Radius putar pengereman manual dan pengereman otomatis

m/s, namun pada saat menggerakkan tuas transmisi dari posisi maju ke mundur atau sebaliknya traktor dihentikan dengan menekan otomatis pedal kopling dan putaran mesin diturunkan menjadi 1000 rpm. Traktor digerakkan maju dan mundur selama 5 s dengan ulangan masing-masing 10 kali. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.

Hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali ulangan menunjukkan mekanisme pengendali tuas transmisi maju-mundur bekerja dengan baik untuk mengendalikan arah gerakan traktor. Traktor bergerak mundur secara otomatis dengan kecepatan rata-rata 0.63 m /s dan bergerak maju secara otomatis dengan kecepatan rata-rata 0.62 m /s.

Simpulan dan Saran

Simpulan

1. Pada penelitian ini telah dibuat prototipe pengendali pedal rem kiri, rem kanan, dan tuas transmisi maju-mundur dengan tenaga penggerak motor DC.
2. Hasil pengujian fungsional menunjukkan lama waktu yang diperlukan untuk penekanan pedal rem kanan lebih lama dibandingkan dengan rem kiri yaitu 0.61 s untuk rem kanan dan 0.47 s untuk rem kiri. Waktu untuk menggerakkan tuas transmisi dari posisi netral ke posisi mundur 0.23 s, dari posisi netral ke maju 0.18 s, dan dari posisi maju ke mundur 0.41 s.
3. Hasil pengujian lapangan menunjukkan bahwa traktor dapat dikendalikan secara otomatis untuk bergerak maju dengan kecepatan rata-rata 0.62 m/s, bergerak mundur dengan kecepatan rata-rata 0.63 m/s, berputar kearah kiri dengan *radius* belok rata-rata 2.2 m dan berputar kearah kanan dengan *radius* belok rata-rata 2.4 m.

Saran

Prototipe yang telah dikembangkan dalam penelitian ini perlu diuji coba untuk mengendalikan traktor pada pekerjaan pengolahan tanah lahan kering.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, dan Institut Pertanian Bogor yang telah membiayai penelitian ini melalui anggaran BOPTN.

Daftar Pustaka

- Desrial, I. D. M. Subrata, U. Ahmad, S. Annas, C. S. Rahman. 2010. Pengembangan Sistem Kemudi Otomatis Pada Traktor Pertanian Menggunakan Navigasi GPS. Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian 2010. Serpong, 15-16 Desember 2010, Hal: 95 – 104.
- Desrial, I. D. M. Subrata, U. Ahmad, C. S. Rahman. 2011. Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis untuk Kemudi, Kopling dan Akselerator pada Traktor Pertanian. Prosiding Seminar Nasional PERTETA 2011. Bandung: FTIP-UNPAD. Hal: 62-69.
- Nagasaka, Y., N. Umeda, Y. Kanetai, K. Taniwaki, and Y. Sasaki, 2004. Autonomous guidance for rice transplanting using global positioning and gyroscopes. Elsevier B.V., Computers and Electronics in Agriculture 43 (2004): 223–234.
- Subrata, I. D. M., Desrial, U. Ahmad, C. S. Rahman, 2012. Modifikasi mekanisme pengendali traktor roda empat untuk menunjang percepatan penerapan pertanian presisi di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional PERTETA 2012. Bali, Univ. Udayana, 13-14 Juli 2012. Hal: 675 – 682.